

# Provincia di CATANIA - Comune di BELPASSO



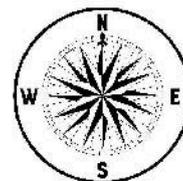
DATA	REV	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO	OGGETTO REVISIONE
06/02/2024	00	Alessandra Gianni	Mauro Giordanella	S.C./P.G.F.	Prima emissione

## Committente:

# X-ELIO+

**X-ELIO BELPASSO S.R.L.**  
Corso Vittorio Emanuele II n.349  
00186 Roma (RM)  
P.IVA: 16952761001  
[www.x-elio.com/italy](http://www.x-elio.com/italy)

## Progettazione esecutiva:



**GEOSTUDIOGROUP STP S.r.l.**  
Via Dott. Lino Blundo n.3  
97100 Ragusa (RG)  
P.IVA: 01635940883  
[www.geostudiogroup.net](http://www.geostudiogroup.net)

<u>CODICE:</u>	<u>TITOLO:</u> <b>Relazione calcoli cavi a 36 kV</b>
<u>Opera:</u> <b>Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "LA ROSA" della potenza 44,681 MWp (40 MW in A.C.), con sistema di accumulo integrato da 20,25 MW e di tutte le opere connesse ed infrastrutture da realizzarsi nel Comune di Belpasso (CT).</b>	<u>Progettista</u> <b>Ing. Salvatore Camillieri</b>
<u>UBICAZIONE IMPIANTO</u> <b>C.da Finocchiara - Belpasso (CT)</b>	
<u>DATA PRIMA EMISSIONE:</u> <b>06/02/2024</b>	<u>SCALA:</u> -

## Sommario

<b>Sommario</b> .....	<b>2</b>
<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3. CAVIDOTTI A 36 kV</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1 GENERALITÀ</b> .....	<b>6</b>
<b>3.3 CAVI TRATTO POWER STATION - CABINA DI RACCOLTA</b> .....	<b>7</b>
<b>3.4 DIMENSIONAMENTO ELETTRICO</b> .....	<b>7</b>
<b>3.5 PRESCRIZIONI SULLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE DEI CAVI</b> .....	<b>16</b>
<b>3.6 RAGGIO DI CURVATURA DEI CAVI</b> .....	<b>17</b>
<b>3.7 TARGATURE</b> .....	<b>17</b>
<b>3.8 CUNICOLI, TUBAZIONI E POZZETTI</b> .....	<b>17</b>

## **1. PREMESSA**

La presente relazione ha lo scopo di fornire una descrizione tecnica dettagliata del progetto di un impianto di generazione elettrica da fonte rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica, della potenza di 40,00 MW, da realizzare in c/da Finocchiara di pertinenza del comune di Belpasso (CT).

## **2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Il progetto elettrico oggetto della presente relazione tecnica è stato realizzato nel rispetto dei più moderni criteri della tecnica impiantistica, nel rispetto della “regola dell’arte”, nonché delle leggi, norme e disposizioni vigenti, con particolare riferimento a:

- CEI 0-16
- Guida CEI 82-25
- CEI / IEC per la parte elettrica
- Norme e standard ENEL per la connessione alla rete locale
- CEI / IEC 1215 per i moduli fotovoltaici
- IEC 904/1-2-3 per i moduli fotovoltaici
- UNI per la parte meccanica
- D.Lgs 81/08 – Testo unico sulla Sicurezza;
- D.M. 37/08;
- Prescrizioni delle autorità locali;
- Legge 01 Marzo 1968, n° 186;
- D.L. 29 dicembre 2003 n° 387;
- Decreto 17 maggio 2006 dell’Assessorato del Territorio e dell’Ambiente della Regione Sicilia;
- D.Lgs 152/06 e s.m.i;
- Delibera AEEG ARG/elt 161/08;
- Delibera AEEG ARG/elt 197/08;
- Piano Energetico ed Ambientale Regionale - Sicilia
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI EN 60904-1(CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;

- CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61727 (CEI 82-9): Sistemi fotovoltaici (FV) - Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61646 (82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) serie composta da:
  - CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1): Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS);
  - CEI EN 60439-2 (CEI 17-13/2): Prescrizioni particolari per i condotti sbarre;
  - CEI EN 60439-3 (CEI 17-13/3): Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso - Quadri di distribuzione (ASD);
- CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata

- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini serie composta da:
  - CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1): Principi generali;
  - CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2): Valutazione del rischio;
  - CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3): Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
  - CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4): Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-3: Guida per la compilazione della dichiarazione di conformità
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;
- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI 13-4: \_Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- EN 50470-1 ed EN 50470-3 in corso di recepimento nazionale presso CEI;
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
- CEI 64-8, parte 7, sezione 712: Sistemi fotovoltaici solari (PV) di alimentazione.

Il rispetto della normativa sopra specificata sarà inteso nel modo più restrittivo, nel senso che non solo la progettazione sarà adeguata a quanto stabilito dai suddetti criteri, ma vi sarà un'analogia rispondenza alle normative da parte di tutti i materiali ed apparecchiature che saranno impiegati.

Con preciso riferimento a quanto prescritto dalle Norme d'installazione degli impianti elettrici, saranno scelti materiali provvisti di Marchio Italiano di Qualità (I.M.Q.) per tutti i prodotti per i quali il marchio è ammesso. Saranno comunque pure rispettate le prescrizioni delle presenti specifiche, ove sono previsti dimensionamenti in lieve misura eccedenti i limiti minimi consentiti dalle Norme.

Gli impianti dovranno rispondere ai seguenti requisiti generali:

- Sicurezza ed affidabilità;
- Accessibilità;
- Facilità di gestione.

### 3. CAVIDOTTI A 36 kV

#### 3.1 GENERALITÀ

Per il calcolo della sezione dei cavi si è tenuto conto:

1. dell'effetto termico dovuto alla corrente che attraversa i conduttori;
2. della massima caduta di tensione ammissibile nei conduttori stessi.

In relazione ad ognuno dei due punti suddetti è stata calcolata una sezione. Al fine di fare valere contemporaneamente le due condizioni è stata scelta la sezione in commercio più prossima per eccesso alla maggiore tra le due.

I dati principali per il dimensionamento dei cavi dal punto di vista termico (Joule) sono:

- i carichi (potenze);
- la modalità di posa dei cavi;
- il numero di conduttori attivi (cioè percorsi da corrente) che si trovano nella stessa tubazione
- in vicinanza tra loro in quanto si influenzano termicamente.

La valutazione delle condizioni di carico (analisi dei carichi) è il punto di partenza per la scelta degli apparecchi di protezione e per il dimensionamento dei cavi.

Di ogni cavo è necessario individuare la corrente di impiego  $I_B$  da prendere in considerazione per la determinazione degli elementi di un circuito.

Un conduttore percorso da corrente si riscalda per effetto Joule e la sua temperatura aumenta dal valore iniziale  $T_a$  al valore finale  $T_f$ , cioè subisce un incremento di temperatura  $\Delta T = T_f - T_a$ .

Tale salto di temperatura è direttamente proporzionale al quadrato della corrente  $I_B$  e dipende inoltre dal tipo di posa dei conduttori e dal numero di conduttori attivi vicini fra di loro.

A seconda del tipo di isolante e di posa del cavo (norma CEI - Unel 35027), il valore di  $I_B$  si troverà compreso tra due valori di corrente e di essi si sceglierà la sezione  $S_1$  relativa alla corrente maggiore.

Alla sezione  $S_1$  corrisponderà, pertanto, una certa portata di corrente  $I_Z$ .

La portata di un cavo è il massimo valore di corrente che circolando in regime permanente (24 ore su 24) non fa superare la temperatura massima ammissibile per l'isolante (cioè il valore che non produce l'invecchiamento precoce dell'isolante).

#### 3.2 MODALITÀ DI POSA

Il percorso della linea è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- minima distanza;
- massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare;

- migliore condizione di posa.

Per la costruzione ed il dimensionamento di pozzetti occorrerà tenere presente che:

- i cavi all'interno dei tubi si dovranno introdurre ed estrarre senza recare danneggiamenti alle guaine;
- il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio lungo la tratta interrata ad una profondità minima di posa dal piano di calpestio di circa 1,10 m e disposto su di un letto di sabbia o di cemento magro dello spessore di circa 10 cm. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata di larghezza variabile fra 60 cm e 80 cm a seconda del tratto di collegamento.

Completano la struttura del cavidotto alcuni pozzetti di ispezione per le connessioni dei conduttori.

Lo schermo dei cavi sarà collegato all'impianto di terra in entrambe le estremità della linea.

Gli scavi ed i ripristini sulle eventuali carreggiate stradali saranno eseguiti secondo le prescrizioni degli enti proprietari e ripristinando nel miglior modo possibile lo stato ante-operam. I riempimenti dello scavo saranno effettuati riutilizzando il terreno vegetale prelevato dallo scavo stesso.

Lungo il cavidotto saranno posati, oltre ai cavi di energia, una corda in treccia in rame nudo della sezione di  $1 \times 35 \text{ mm}^2$  per l'impianto di terra e entro un tritubo, posato nella parte superiore dello scavo, del diametro di 50 mm, verranno installati i cavi della fibra ottica per il sistema di monitoraggio del gruppo di produzione e/o linea telefonica/segnalazione.

Prima del ripristino dello scavo, sarà posto il nastro monitore di segnalazione della presenza di cavi elettrici. I cavidotti saranno segnalati in superficie da appositi cippi segna cavo.

### **3.3 CAVI TRATTO POWER STATION - CABINA DI RACCOLTA**

Le Power Station (o cabine di campo) dell'impianto fotovoltaico verranno collegate alla cabina di raccolta mediante linee elettriche interrate dedicate; le linee elettriche saranno costituite da cavi trifasi in rame, del tipo avvolti ad elica, aventi sezione variabile interrati con posa alla profondità di circa 1,10 m circa principalmente lungo la viabilità di servizio da realizzare all'interno dell'area d'impianto.

### **3.4 DIMENSIONAMENTO ELETTRICO**

Calcolo della corrente d'impiego

Il valore della corrente di impiego  $I_B$  sul lato a 36 kV per ogni cabina di conversione viene calcolato con la formula:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos\varphi}$$

dove P è la potenza generata dal sottocampo.

### Calcolo della portata dei cavi

Per la determinazione della portata del cavo si è fatto riferimento alla seguente condizione operativa definita dalla norma CEI - UNEL 35026:

- profondità di posa: 1,10 m
- temperatura del terreno di riferimento: 20°C
- resistività termica del terreno: 1,5 Km/W
- materiale del conduttore

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo saranno a norma IEC 60502-2.

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio lungo la tratta interrata.

La norma CEI EN 35027 definisce i criteri per la determinazione della portata dei cavi di energia con tensione nominale da 1kV a 36 kV.

1. La formula per il calcolo della portata è la seguente (CEI UNEL 35026):

$$I_Z = I_0 \times k$$

dove:  $k = k_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$

$I_Z$  = portata effettiva del conduttore

$I_0$  = portata nominale del conduttore dichiarata dal costruttore, per posa interrata a 20°C;

K = fattore correttivo che tiene conto dell'effettiva condizione di posa;

K1 = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da 20 °C;

K2 = coefficiente di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano

K3 = coefficiente di correzione per valori di profondità di posa differenti da 0,8m;

K4 = coefficiente di correzione per valori di resistività termica del terreno differenti da 1,5 Km/W.

### Temperatura del terreno

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno effettiva, diversa da quella STC di riferimento (20°).

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

Fattore correttivo al variare della temperatura				
Temperatura ambiente	15°C	20°C	25°C	30°C
Coefficiente	1,04	1	0,96	0,93

Essendo stata stimata una temperatura massima del terreno pari a 25°C alla profondità di posa dei cavi, si assume il fattore correttivo  $K1 = 0,96$ .

#### Numero di terne per sezione di scavo

A scopo cautelativo, si è preso quale valore di riferimento quello pari al numero massimo di cavi presenti in parallelo lungo tutta la tratta, ottenendo così un margine di sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di esercizio. In particolare, si considera la compresenza di n.1/2/3/4 terne di cavi all'interno della medesima sezione di scavo, posati direttamente interrati, come da sezioni tipo allegate al progetto.

Sulla base di ciò, sono stati applicati i seguenti fattori correttivi  $K2$

Distanza fra i circuiti 0,25 m				
N. circuiti	1	2	3	4
Coefficiente	1,00	0,86	0,78	0,74

#### Profondità di posa

In generale, per tutte le linee elettriche a 36 kV, si prevede la posa dei cavi direttamente interrati, ad una profondità di 1,10 m dal piano di calpestio per le tratte interne al parco, mentre ad una profondità di 1,20 m per le tratte esterne al parco.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella seguente:

Profondità di posa				
Profondità posa (m)	0,8	1,0	1,10	1,2
Coefficiente	1,00	0,98	0,97	0,96

Considerando il valore di posa di 1,10 il fattore sarà pari a  $K3 = 0,97$  per le tratte interne al parco. Per le tratte esterne al parco, si farà uso del valore  $K3 = 0,96$ .

### Resistività termica del terreno

In generale, per tutte le linee elettriche, si considera la posa in terreno asciutto (condizione più gravosa) con una resistività termica del terreno pari a  $1,5 \text{ K}^*\text{m/W}$ .

Pertanto, non si applica alcun fattore correttivo e si utilizzerà  $K4 = 1$ .

La sezione dei cavi MT dell'impianto deve soddisfare dei seguenti punti:

- 1) verifica della portata;
- 2) verifica della massima caduta di tensione;
- 3) verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il corto circuito;
- 4) verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il sovraccarico.

### 1) Verifica della portata

Per la verifica della portata deve risultare verificata la disuguaglianza:

$$I_B \leq I_Z.$$

### 2) Verifica della massima caduta di tensione

Per il calcolo della caduta di tensione lungo la linea si è utilizzata la seguente formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_B \cdot (R_L \cos \varphi + X_L \sin \varphi)$$

dove:

$\Delta V$  è la caduta di tensione nel tratto di linea in esame [V];

L è la lunghezza della linea [km];

$I_B$  è la corrente di impiego [A];

$\cos \varphi$  è il fattore di potenza;

$R_L$  è la resistenza del cavo elettrico [ $\Omega/\text{km}$ ];

$X_L$  è la reattanza del cavo elettrico [ $\Omega/\text{km}$ ];

In valore percentuale la caduta di tensione è stata calcolata come:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} 100$$

dove:

$V_n$  è la tensione nominale del sistema  $V_n = 36.000 \text{ V}$

In base al dimensionamento eseguito emerge che il valore percentuale della caduta di tensione totale della linea a 36 kV di collegamento tra il parco fotovoltaico e le sbarre della cabina utente, è contenuto al di sotto del valore massimo fissato del 4%, valore limite ritenuto accettabile in relazione al servizio, come richiesto dalla norma CEI 11.17.

### 3) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il cortocircuito

Per tali sovracorrenti saranno previsti dei dispositivi di protezione atti ad interrompere le correnti di cortocircuito nei conduttori del circuito prima che queste possano diventare pericolose a causa degli effetti termici e meccanici che si vengono a determinare. Le correnti di cortocircuito presunte potranno essere determinate sia con calcoli che con misure in ogni punto significativo dell'impianto. I dispositivi di protezione contro il cortocircuito dovranno avere il potere di interruzione non inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione.

La sezione del conduttore verrà scelta in maniera tale che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente dovuta al cortocircuito non sia dannosa, come entità e durata, per l'isolamento o per gli altri materiali con cui il conduttore è in contatto o in prossimità. Qualora la sovracorrente sia praticamente costante e il fenomeno termico sia di breve durata (cortocircuito) in modo da potersi considerare di puro accumulo (regime adiabatico), il cavo risulterà protetto se verrà soddisfatta la seguente relazione (integrale di Joule):

$$\int_0^{t_g} i^2 dt \leq K^2 S^2$$

dove:

- $i$  = valore istantaneo della corrente di cortocircuito
- $\int_0^{t_g} i^2 dt$  = energia specifica passante che il dispositivo di protezione lascia passare prima che intervenga;
- $t_g$  = tempo d'interruzione del guasto (tempo d'apertura dei contatti + tempo d'estinzione dell'arco elettrico) = 0,25 s;
- $S$  = sezione del cavo;
- $K^2 S^2$  = energia ammissibile per il cavo (ipotesi di sistema adiabatico);

- K è una costante caratteristica del cavo, è un valore indicato dalle Norme (CEI 11-17) ed è stabilito in funzione della temperatura massima ammissibile di funzionamento del conduttore (90°C), della temperatura massima di cortocircuito per i diversi isolanti specificati nella Norma 11-17 (250°C) e del tipo di conduttore.

Se la disuguaglianza suddetta è soddisfatta il cavo non supererà la temperatura massima tollerabile. Nell'ipotesi che il fenomeno abbia una durata superiore ad un decimo di secondo è sufficientemente verificata la seguente relazione:

$$I_{CC}^2 * t_g \leq K^2 * S^2$$

dove:

$I_{CC}$  = valore efficace della componente simmetrica della corrente di cortocircuito;

$t_g$  è l'energia specifica passante lasciata passare dal dispositivo di protezione per la durata del corto circuito in A<sup>2</sup>s.

Il valore della corrente di cortocircuito preso in considerazione è:

$$I_{CC} = I_{ccrete} + I_{ccgener}$$

dove  $I_{ccrete}$  è la corrente di corto circuito dovuta alla rete nel punto di consegna

$I_{ccgener}$  è il contributo alla corrente di corto circuito dovuto all'impianto fotovoltaico a valle del punto in cui si è verificato il corto circuito.

#### 4) Verifica di coordinamento tra la sezione del cavo ed il sovraccarico

In merito alla condizione di verifica al sovraccarico, occorre seguire quanto prescritto all'interno della norma CEI 11.17; è necessario evitare che valori di corrente superiori alla portata del cavo possano determinare fenomeni di invecchiamento precoce dell'isolante del cavo stesso. A tale fine è sufficiente che la corrente di taratura della soglia termica dell'interruttore magnetotermico installato a protezione del cavo in oggetto ( $I_r$ ) non sia maggiore della portata del cavo stesso. Pertanto occorre regolare la soglia di intervento termico affinché risulti soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$I_B < I_r < I_Z .$$

## CALCOLI E VERIFICHE LINEE CAVI A 36 kV

La seguente tabella riporta il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato a 36 kV.  
I valori di portata indicati per i cavi tengono conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti

AREA IMPIANTO	RAMO	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo	Lunghezza cavo	Potenza impianto DC	Potenza apparente	Potenza Attiva $\cos\phi = 0,90$	Corrente di impiego	Portata cavo nominale	Circuiti nella sezione di scavo	Correttivo portata cavo k	Portata cavo corretta	Verifica portata cavi	Resistenza apparente a 90°	Reattanza di fase	Caduta di tensione			Perdita di potenza attiva			
				[mm <sup>2</sup> ]	[m]	[kWdc]	[kVa]	[KWac]	[A]	[A]	num	k1*k2*k3*k4	[A]	%	[Ω/km]	[Ω/km]	ΔV %	ΔV [Volt]	Cumulata	ΔPt [MW]	ΔPt %		
<b>NORD</b>	NORD - A	PS01	PS02	3x1x95	364	6916	6154	5538,6	98,69	304	1	0,9312	283,0848	34,86%	0,248	0,14	0,05%	17,69	<b>0,05%</b>	0,00302	0,055%		
<b>OVEST</b>	OVEST - A	PS03	PS04	3x1x95	45	6916	6154	5538,6	98,69	304	1	0,9312	283,0848	34,86%	0,248	0,14	0,01%	2,19	<b>0,01%</b>	0,00037	0,007%		
<b>SUD</b>	SUD - B	PS05	PS06	3x1x95	496	6916	6154	5538,6	98,69	304	1	0,9312	283,0848	34,86%	0,248	0,14	0,07%	24,10	0,07%	0,00412	0,074%		
	SUD - A	PS06	PS07	3x1x240	247	13832	12308	11077,2	197,39	484	1	0,9312	450,7008	43,80%	0,100	0,12	0,03%	12,02	<b>0,10%</b>	0,00411	0,037%		
<b>BESS</b>	BESS - B	SS03	SS02	3x1x95	33	6750	6750	6075,0	108,25	304	1	0,9312	283,0848	38,24%	0,248	0,14	0,005%	1,76	0,005%	0,00033	0,005%		
	BESS - A	SS02	SS01	3x1x240	33	13500	13500	12150,0	216,51	484	1	0,9312	450,7008	48,04%	0,100	0,12	0,005%	1,76	<b>0,01%</b>	0,00066	0,005%		
<b>INGRESSO MTR</b>	<b>LINEA 1</b>	PS02 NORD	MTR	3x1x120	660	10374	9231	8307,9	148,04	343	1	0,9312	319,40	46,35%	0,198	0,14	0,11%	40,49	<b>0,16%</b>	0,01038	0,125%		
	<b>LINEA 2</b>	PS04 OVEST	MTR	3x1x240	500	13832	12308	11077,2	197,39	484	1	0,9312	450,70	43,80%	0,100	0,12	0,07%	24,33	<b>0,07%</b>	0,00832	0,075%		
	<b>LINEA 3</b>	PS07 SUD	MTR	3x1x400	764	20475	18462	16615,8	296,08	590	1	0,9312	549,41	53,89%	0,065	0,11	0,14%	41,71	<b>0,24%</b>	0,02139	0,129%		
	<b>LINEA 4</b>	SS01 BESS	MTR	3x1x500	81	20250	20250	18225,0	324,76	647	1	0,9312	602,49	53,90%	0,053	0,11	0,01%	4,36	<b>0,02%</b>	0,00245	0,013%		
<b>INGRESSO SSEU</b>	<b>Linea 5</b>	MTR	SSE	3x2x630	6300	44681	<b>40000</b>	<b>40000</b>	288,68	702	2	0,7926	556,39	51,88%	0,044	0,10	0,77%	230,03	0,77%	0,11501	0,288%		
						<b>44681</b>	<b>40000</b>															0,17	

### Caratteristiche dei cavi prescelti:

Per il tratto di linea compreso tra le Power station e la cabina di consegna verrà utilizzata la seguente tipologia di cavo:

- cavo a elica: RG7H1RFR 26/45kV o equivalente;
- tipologia del sistema: trifase;
- frequenza: 50 Hz;
- tensione nominale: 36 kV;
- tensione massima del sistema: 45 kV;
- massima durata permessa di funzionamento per ogni singolo caso di funzionamento con una fase a terra, per ciascun guasto a terra: Categoria A fino ad 8 ore;
- modalità di posa: interrato (CEI 11.17).
- L'isolante dei cavi è costituito da mescola di gomma ad alto modulo G7 con interposizione di uno strato di mescola semiconduttrice tra l'isolante ed il conduttore. Sopra l'isolante è posto uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 36kV.

<b>TIPO</b>	<b>RG7H1RFR o equivalente</b>					
Tensione nominale [kV]	26/45	26/45	26/45	26/45	26/45	26/45
Formazione e sezione [mm <sup>2</sup> ]	1 x 95	1 x 120	1 x 240	1 x 400	1 x 500	1 x 630
Resistenza a 90 °C [ $\Omega$ /km]	0,248	0,198	0,100	0,065	0,053	0,044
Reattanza [ $\Omega$ /km]	0,14	0,14	0,12	0,11	0,11	0,10
Portata per posa a trifoglio	304	343	484	590	647	702

## RG7H1RFR EPRO-SETTE™



Unipolare da 1,8/3 kV a 26/45 kV  
Single core from 1,8/3 kV to 26/45 kV

Norma di riferimento  
CEI 20-13 (IEC 60840 per 26/45 kV)

Standard  
CEI 20-13 (IEC 60840 for 26/45 kV)

### Descrizione del cavo

**Anima**  
Conduttore a corda a fili di rame in accordo alla norma CEI 20-29, classe 2  
**Semiconduttivo interno**  
Elastomerico estruso (solo per cavi con tensione  $\geq 3,6/6$  kV)  
**Isolante**  
Miscela di gomma ad alto modulo G7  
**Semiconduttivo esterno**  
Elastomerico estruso (solo per cavi con tensione  $\geq 3,6/6$  kV) pelabile a freddo  
**Schermo metallico**  
Fili di rame e nastro equalizzatore di rame  
**Guaina di separazione**  
Miscela PVC  
**Armatura**  
Fili di alluminio  
**Guaina esterna**  
Miscela PVC, colore rosso  
**Marcatura**  
PRYSMIAN (\*) RG7H1RFR <tensione>  
<sezione> <anno>

(\*) Sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro  
Marcatura metrica progressiva ad inchiostro

### Applicazioni

I cavi possono essere forniti con caratteristiche di:  
- non propagazione dell'incendio e ridotta emissione di sostanze corrosive  
- ridottissima emissione di fumi opachi e gas tossici e assenza di gas corrosivi (AFUMEX).

### Cable design

**Core**  
Conductor: annealed stranded copper wires, according to IEC 60228, class 2  
**Inner semi-conducting layer**  
Extruded elastomeric compound (only for rated voltage  $\geq 3,6/6$  kV)  
**Insulation**  
High module rubber compound, G7 type  
**Outer semi-conducting layer**  
Extruded cold strippable elastomeric compound (only for rated voltage  $\geq 3,6/6$  kV)  
**Metallic screen**  
Copper tapes  
**Separation sheath**  
PVC compound  
**Armour**  
Aluminium wires  
**Over sheath**  
PVC compound, red colour  
**Marking**  
PRYSMIAN (\*) RG7H1RFR <rated voltage>  
<cross-section> <year>

(\*) Plant of production

Embossed marking each meter  
Meter marking by ink

### Applications

Cables can be supplied with the following characteristics:  
- fire retardant and with low emission of corrosive substances  
- low emission of opaque smoke and toxic gases and without corrosive gases (AFUMEX).



### Condizioni di posa / Laying conditions



Figura: Vista del cavo a elica RG7H1RFR

## RG7H1RFR EPRO-SETTE™

Unipolare da 1,8/3 kV a 26/45 kV  
Single core from 1,8/3 kV to 26/45 kV

### Unipolare - conduttore di rame / Single core - copper conductor - RG7H1RFR

sezione nominale	diametro indicativo conduttore	spessore isolante	diametro esterno massimo	peso indicativo del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	posa in aria a trifoglio	posa interrata a trifoglio $\rho=1^\circ\text{C m/w}$
conductor cross-section	approximate conductor diameter	insulation thickness	maximum outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation trefoil	underground installation trefoil $\rho=1^\circ\text{C m/w}$
[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/km]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[A]	[A]

#### Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,1	8,0	41,2	2060	550
70	9,8	8,0	43,0	2350	580
95	11,4	8,0	44,8	2710	610
120	12,9	8,0	46,6	3040	620
150	14,2	8,0	49,6	3570	660
185	15,8	8,0	51,2	4110	690
240	18,2	8,0	54,4	4760	730
300	20,5	8,0	57,3	5530	770
400	22,9	8,0	60,3	6500	800
500	26,2	8,0	63,9	7750	860
630	30,0	8,0	68,9	9500	940

#### Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	235	212
70	292	259
95	352	380
120	402	348
150	451	383
185	510	427
240	590	484
300	663	534
400	745	589
500	836	646
630	930	701

#### Dati costruttivi / Construction charact. - 26/45 kV

70	9,8	10,0	48,5	2860	650
95	11,4	10,0	50,3	3240	680
120	12,9	10,0	51,9	3580	690
150	14,2	9,0	51,3	3720	690
185	15,8	9,0	53,2	4190	720
240	18,2	9,0	56,1	4910	750
300	20,5	9,0	59,0	5680	790
400	22,9	9,0	61,9	6670	830
500	26,2	9,0	65,5	7940	870
630	30,0	9,0	70,1	9630	940

#### Caratt. elettriche / Electrical charact. - 26/45 kV

70	291	256
95	351	304
120	401	343
150	451	382
185	510	426
240	591	484
300	665	535
400	747	590
500	839	647
630	934	702

Tabella: dati costruttivi dei cavi a elica RG7H1RFR

### 3.5 PRESCRIZIONI SULLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE DEI CAVI

Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 ed. III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono le intensità massime delle sollecitazioni con cui sottoporre i cavi a trazione durante la posa.

Pertanto, quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad intervento automatico. Inoltre durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

### **3.6 RAGGIO DI CURVATURA DEI CAVI**

L'articolo 4.03.03 della norma CEI 11-17 ed. III, riporta il valore dei raggi di curvatura minimi da rispettare nella posa del cavo, per impedire l'insorgere di deformazioni permanenti al cavo stesso che possano compromettere l'affidabilità in esercizio.

### **3.7 TARGATURE**

Sulla superficie esterna di almeno una delle flange della bobina di trasporto, devono essere riportati, con caratteri chiaramente leggibili ed indelebili, oltre a quant'altro previsto nell'ordine, almeno i seguenti dati, ove applicabile:

- il nome o il marchio della ditta proprietaria della bobina;
- il nome del costruttore del cavo;
- la sigla e la formazione del cavo;
- il tipo e la matricola della bobina;
- il peso complessivo lordo (soltanto per le pezzature su bobina) - il peso netto;
- il peso di un metro di cavo;
- la lunghezza effettiva della pezzatura.

### **3.8 CUNICOLI, TUBAZIONI E POZZETTI**

I cunicoli ed i pozzetti saranno realizzati in c.a gettato in opera, con coperture carrabili in ghisa; le tubazioni per cavidotti saranno in PVC o in corrugato pesante, con pozzetti ispezionabili ubicati in corrispondenza di ogni cambio di direzione e comunque ad interasse non superiore a 15 m. Le coperture non carrabili dei pozzetti facenti parte delle fondazioni delle cabine saranno in PRFV.